

18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
10 DE 195 23 109 A 1

51 Int. Cl.®:  
B 60 R 16/04  
H 01 M 8/08  
// H02K 7/18

21 Aktenzeichen: 195 23 109.0  
22 Anmeldetag: 28. 6. 95  
23 Offenlegungstag: 9. 1. 97

DE 195 23 109 A 1

71 Anmelder:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

72 Erfinder:

Abersfelder, Günter, Dipl.-Phys. Dr., 71065  
Sindelfingen, DE; Buchner, Helmut, Dipl.-Phys. Dr.,  
73868 Baltmannsweiler, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 35 28 873 C2  
DE 34 34 532 C1  
DE 24 17 436 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Stromerzeugungssystem für ein Fahrzeug mit Brennkraftmaschine

57 Die Erfindung betrifft ein mittels einer Brennkraftmaschine angetriebenes Kraftfahrzeug, welches zur Erzeugung von elektrischer Energie zum Betreiben von elektrischen Verbrauchern anstelle einer Lichtmaschine ein Brennstoffzellensystem aufweist. Zur Versorgung der Brennstoffzelle mit Brenngas kann Wasserstoff aus dem flüssigen Kraftstoff für die Brennkraftmaschine abgespalten werden. Die verbleibenden Kraftstoffbestandteile können entweder direkt in der Brennkraftmaschine verbrannt oder als flüssiges Kondensat in den Kraftstofftank zurückgeführt werden.

DE 195 23 109 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Stromerzeugungssystem für ein Fahrzeug mit Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 1, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Systems.

Bei herkömmlichen Fahrzeugen ist zur Erzeugung von elektrischer Energie eine Lichtmaschine vorgesehen, die von der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Der von der Lichtmaschine gelieferte Strom wird zum einen den elektrischen Verbrauchern im Fahrzeug zur Verfügung gestellt. Zum anderen dient die Lichtmaschine auch zum Laden der Fahrzeugbatterie.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Stromerzeugungssystem für ein Fahrzeug mit Brennkraftmaschine zu schaffen, durch welches der Strom für die elektrischen Verbraucher bei verringertem Kraftstoffverbrauch und unabhängig von der momentanen Drehzahl der Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellt werden kann. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Systems zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 beziehungsweise 8 gelöst.

Die Verwendung eines Brennstoffzellensystems anstelle einer Lichtmaschine in einem Fahrzeug mit Brennkraftmaschine weist den Vorteil auf, daß der benötigte Strom aufgrund des besseren Wirkungsgrades der Brennstoffzelle mit deutlich verringertem Kraftstoffverbrauch bereitgestellt werden kann. Außerdem kann die Leistung der Brennstoffzelle unabhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine eingestellt werden, so daß die momentan erzeugte elektrische Leistung an den jeweiligen Bedarf angepaßt werden kann. Bei Verwendung eines solchen Systems ist es vorteilhaft, mechanische Antriebe von Nebenaggregaten, wie zum Beispiel Lüfter oder Klimakompressor, durch Elektroantriebe zu ersetzen. Dadurch kann der Kraftstoffverbrauch weiter verringert werden.

Schließlich bietet eine Brennstoffzelle die Möglichkeit, elektrischen Strom auch bei abgeschalteter Brennkraftmaschine bereitzustellen, so daß Verbesserungen, beispielsweise bei der Klimatisierung des Fahrzeugs, ermöglicht werden.

Im folgenden wird der Aufbau eines solchen Stromerzeugungssystems anhand einer Prinzipskizze näher erläutert.

Das nicht näher gezeigte Fahrzeug wird mit Hilfe einer Brennkraftmaschine 1 angetrieben. Zur Versorgung der Brennkraftmaschine 1 mit flüssigem Kraftstoff ist ein Kraftstofftank 2 und eine Kraftstoffleitung 3 vorgesehen. Zur Erzeugung von elektrischer Energie ist außerdem eine Brennstoffzelle 4 im Fahrzeug angeordnet. Vorzugsweise kann hierfür eine  $H_2/O_2$ -Brennstoffzelle mit protonenleitender Membran, im folgenden als PEM-Zelle bezeichnet, eingesetzt werden. Selbstverständlich können jedoch auch andere Brennstoffzellensysteme verwendet werden.

Der PEM-Zelle 4 wird über eine erste Zuleitung 7 Sauerstoff und über eine zweite Zuleitung 8 Wasserstoffgas zugeführt. Der Wasserstoff wird an der Anode oxidiert und der Sauerstoff an der Kathode reduziert. Bei dieser elektrochemischen Reaktion entsteht zwischen den beiden Elektroden eine Spannung. Zur Bereitstellung einer vorgegebenen elektrischen Leistung können viele solcher Zellen durch Parallel- beziehungsweise Hintereinanderschaltung zu einem sogenannten

Stack zusammengefügt werden. Bei Verwendung von reinem Wasserstoff und Sauerstoff wird von der PEM-Zelle 4 lediglich Restsauerstoff und Wasser über eine Auslaßleitung 9 abgegeben.

Bei einer solchen Anwendung im Fahrzeug wird der Sauerstoff der PEM-Zelle 4 in Form von Luftsauerstoff zugeführt. Der benötigte Wasserstoff wird vorzugsweise aus dem für die Brennkraftmaschine 1 verwendeten Kraftstoff abgetrennt. Übliche Kraftstoffe, wie zum Beispiel Diesel, Normalbenzin oder auch Methanol enthalten Kohlenwasserstoffe, aus denen auf relativ einfache Art und Weise, beispielsweise mit Hilfe einer Spaltanlage 10, Wasserstoff abgetrennt werden kann. Der genaue Aufbau solcher Spaltanlagen 10 ist prinzipiell bekannt und wird daher hier nicht weiter beschrieben. Im Gegensatz zu bekannten Anordnungen, bei denen eine möglichst vollständige Zerlegung des Kraftstoffs in Wasserstoff und ein sauberes Restgas, das anschließend an die Umgebung abgegeben wird, erfolgt, wird bei der gezeigten Anordnung vorzugsweise nur ein Teil des Wasserstoffs aus dem Kraftstoff abgetrennt und die verbleibenden Kraftstoffbestandteile anschließend in der Brennkraftmaschine 1 weiterverwertet.

Die Abtrennung des Wasserstoffs von den verbleibenden Kraftstoffbestandteilen erfolgt in einer  $H_2$ -Trennanlage 11, wobei der abgetrennte Wasserstoff über eine Versorgungsleitung 12 der PEM-Zelle 4 zugeführt. In dieser Versorgungsleitung 12 kann zusätzlich ein  $H_2$ -Zwischenspeicher 13 angeordnet werden. Dieser  $H_2$ -Zwischenspeicher 13 kann zum einen dazu verwendet werden, beim Fahrzeugstart die PEM-Zelle 4 solange mit Wasserstoff zu versorgen, bis die Wasserstoffversorgung über die Spaltanlage 10 betriebsbereit ist. Zum anderen ist es möglich, die PEM-Zelle 4 auch bei abgeschalteter Brennkraftmaschine 1 zur Bereitstellung von elektrischer Energie weiterhin zu betreiben, wobei in diesem Fall der Wasserstoff aus dem  $H_2$ -Zwischenspeicher 13 zugeführt wird. Im Normalbetrieb kann dann der Wasserstoff auch von der  $H_2$ -Trennanlage 11 unter Umgehung des  $H_2$ -Zwischenspeichers 13 über eine Umgehungsleitung 14 direkt der PEM-Zelle 4 zugeführt werden. Zur Trennung des Wasserstoffs von den restlichen Kraftstoffbestandteilen kann eine beliebige aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung 11 Verwendung finden, beispielsweise auf der Basis von Metallfolien.

Die in der  $H_2$ -Trennanlage 11 verbliebenen Kraftstoffbestandteile werden über eine Entsorgungsleitung 15 abgeführt. Für die Verwertung dieser Kraftstoffbestandteile stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Flüssige Bestandteile können über eine Leitung 17 in den Kraftstofftank 2 zurückgeführt werden. Gasförmige Bestandteile können der Brennkraftmaschine 1 über eine Leitung 18 entweder direkt oder vorzugsweise über einen Gemischbilder 16, der auch mit der Kraftstoffleitung 3 verbunden ist, zugeführt werden. In diesem Fall ist der Gemischbilder 16 über eine weitere Leitung 19 mit der Brennkraftmaschine 1 verbunden.

In der Entsorgungsleitung 15 kann zusätzlich ein Zwischenspeicher 20 für die verbleibenden Kraftstoffbestandteile vorgesehen werden. Dies hat den Vorteil, daß die verbleibenden Kraftstoffbestandteile zwischengespeichert und erst bei Bedarf der Brennkraftmaschine 1 zugeführt werden können. Für den Fall, daß die PEM-Zelle 4 auch bei Stillstand der Brennkraftmaschine 1 betrieben werden soll, ist die Verwendung eines solchen Zwischenspeichers 20 besonders vorteilhaft. Im Zwischenspeicher 20 können die Kraftstoffbestandteile

dann ganz oder teilweise kondensiert und anschließend dem Kraftstofftank 2 zugeführt werden. Die gasförmigen Kraftstoffbestandteile werden dann wiederum über den Gemischbildner 16 der Brennkraftmaschine 1 zugeführt.

Neben dem oben beschriebenen Verfahren mit Hilfe der Spaltanlage 10 können jedoch auch beliebige andere Verfahren verwendet werden, um aus dem Kraftstoff Wasserstoff teilweise oder vollständig abzutrennen, beispielsweise auch durch Reformierung des Kraftstoffs.

Der von der PEM-Zelle 4 erzeugte Strom wird den elektrischen Verbrauchern 5 im Fahrzeug zugeführt. Außerdem kann der erzeugte Strom zum Laden einer Batterie 6, die zum Starten der PEM-Zelle 4 und/oder der Spaltanlage 10 benötigt wird, eingesetzt werden. Eine Lichtmaschine wird bei diesem System nicht mehr verwendet.

Deren Funktion wird vollständig durch die PEM-Zelle (4) wahrgenommen.

Ein Verfahren zum Betreiben des oben beschriebenen Systems wird im folgenden näher erläutert. Da bei der Erzeugung des Wasserstoffs der flüssige Kraftstoff nicht vollständig zerlegt, sondern nur ein Teil des Wasserstoffs abgetrennt wird, müssen die verbleibenden Kraftstoffbestandteile weiterverwertet werden. Hierfür stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen können gasförmige Reste im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 entweder direkt oder über den Gemischbildner 16 zur Verwertung zugeführt werden. Zum anderen können gasförmige Reste auch im Zwischenspeicher 20 gepuffert und erst mit zeitlicher Verzögerung der Brennkraftmaschine 1 direkt oder wiederum über den Gemischbildner 16 zugeführt werden. Möglich ist es hierbei auch, die Reste aus dem Zwischenspeicher 20 nur unter vorgegebenen Betriebsbedingungen zu verwerten. Bleiben bei der Wasserstoffabtrennung flüssige Bestandteile zurück, so können diese als Kondensat dem Kraftstofftank 2 zugeführt werden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß die Kraftstoffqualität, insbesondere die Zündfähigkeit, durch die Wasserstoffabtrennung nicht übermäßig beeinträchtigt wird.

Die PEM-Zelle 4 kann beliebig lange betrieben werden, solange die Brennkraftmaschine 1 in Betrieb und genügend Kraftstoff vorhanden ist. Der Betrieb der PEM-Zelle 4 ist jedoch nicht, wie bei einer Lichtmaschine, auf die Betriebszeiten der Brennkraftmaschine 1 eingeschränkt. Es ist bei diesem System vielmehr auch möglich, bei Stillstand der Brennkraftmaschine 1 weiterhin elektrische Energie zu erzeugen. Hierzu sind verschiedene Konzepte möglich. Bei einer kurzfristigen Unterbrechung — im Bereich von wenigen Minuten — kann in der Spaltanlage 10 solange Wasserstoff erzeugt werden, bis der Zwischenspeicher 20 durch die verbleibenden Kraftstoffbestandteile gefüllt ist. Bei mittleren Unterbrechungen — im Bereich von 0,5 bis 1,5 Stunden — kann die Spaltanlage 10 abgeschaltet und die PEM-Zelle 4 durch Wasserstoff aus dem H<sub>2</sub>-Zwischenspeicher 13 versorgt werden.

Hierbei muß jedoch darauf geachtet werden, daß im H<sub>2</sub>-Zwischenspeicher 13 zumindest soviel Wasserstoff verbleibt, wie bei einem Neustart der Brennkraftmaschine 1 benötigt wird. Bei längerfristigen Unterbrechungen bleibt die Möglichkeit, die verbleibenden Kraftstoffbestandteile zu kondensieren und in den Kraftstofftank 2 zurückzuleiten. Hierbei muß jedoch die Kraftstoffqualität im Kraftstofftank 2 hinsichtlich ausreichender Zündfähigkeit überwacht werden. Als Voraussetzung für den Betrieb der PEM-Zelle 4 bei längerfristigen Motorstill-

stand kann vorgesehen werden, daß der Kraftstofftank ausreichend, beispielsweise zu mindestens 75%, gefüllt ist. Bei nicht ausreichendem Füllstand besteht nämlich das Risiko, daß durch die Abtrennung von Wasserstoff die Zündfähigkeit des verbleibenden Kraftstoffs so weit verringert wird, daß er für die Verbrennung in der Brennkraftmaschine 1 nicht mehr geeignet ist.

Um dieses Problem zu umgehen kann zur Auffrischung der Spaltfähigkeit die Zugabe von geeigneten Additiven mit leichtsiedenden Komponenten in den Kraftstofftank 2 vorgesehen werden. In diesem Fall kann dann die Spaltanlage 10 relativ einfach ausgeführt werden.

Bei der Inbetriebnahme des Fahrzeugs kann die PEM-Zelle 4 kurzfristig mit Wasserstoff aus dem H<sub>2</sub>-Zwischenspeicher 13 versorgt werden. Erst nach einer vorgegebenen Betriebszeit der PEM-Zelle 4 wird dann die Spaltanlage 10 gestartet. Die elektrische Energie zum Starten der PEM-Zelle 4 und/oder der Spaltanlage 10 wird vorzugsweise durch eine Batterie 6 bereitgestellt. Die Batterie 6 kann bei einem solchen System im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugbatterien gegebenenfalls entsprechend kleiner dimensioniert werden.

Um den Wirkungsgrad des Gesamtsystems weiter zu verbessern ist es außerdem möglich, die Leistung der PEM-Zelle 4 den Anforderungen laufend anzupassen. So muß die PEM-Zelle 4 nicht mit konstanter Last betrieben werden, sondern kann in Abhängigkeit vom benötigten Strom eingestellt werden. Hierzu kann ein Steuergerät vorgesehen werden, das die Sollleistung der PEM-Zelle 4 in Abhängigkeit von der Anzahl und dem Bedarf der zugeschalteten elektrischen Verbrauchern 5 vorgibt.

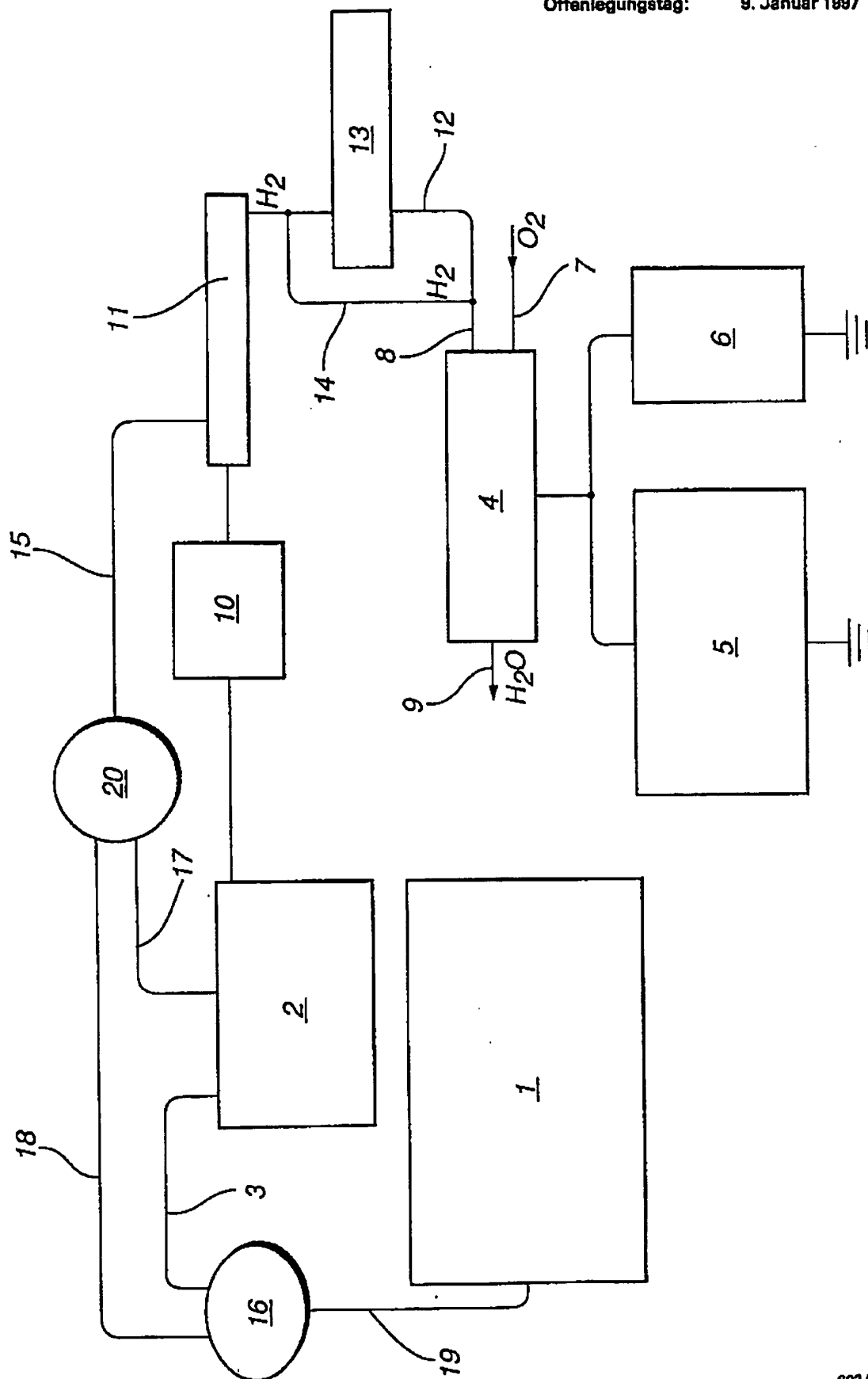
#### Patentansprüche

1. Mittels einer Brennkraftmaschine (1) angetriebenes Kraftfahrzeug, welches zur Erzeugung von elektrischer Energie zum Betreiben von elektrischen Verbrauchern (5) anstelle einer Lichtmaschine ein Brennstoffzellensystem (4) aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung (10, 11) zum Abtrennen von Wasserstoff aus dem für die Brennkraftmaschine (1) verwendeten Kraftstoff, eine Versorgungsleitung (12) zur Zufuhr des abgetrennten Wasserstoffs zum Brennstoffzellensystem (4) und eine Entsorgungsleitung (15) zur Zufuhr der verbleibenden Kraftstoffbestandteile zur Brennkraftmaschine (1) und/oder zu einem Kraftstofftank (2) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Abtrennen von Wasserstoff aus einer Spaltanlage (10) und einer H<sub>2</sub>-Trennanlage (11) besteht, wobei in der Spaltanlage (10) die Spaltung des Kraftstoffes in Wasserstoff und einen Spaltgasrest und in der H<sub>2</sub>-Trennanlage (11) die Abtrennung des Wasserstoffes von den verbleibenden Kraftstoffbestandteilen erfolgt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Versorgungsleitung (12) ein H<sub>2</sub>-Zwischenspeicher (13) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Entsorgungsleitung (15) ein Zwischenspeicher (20) für die verbleibenden Kraftstoffbestandteile vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

- zeichnet, daß in der Entsorgungsleitung (15) eine Vorrichtung zum zumindest teilweisen Kondensieren der verbleibenden Kraftstoffbestandteile vorgesehen ist, wobei zwischen der Vorrichtung und dem Kraftstofftank (2) eine erste Leitung (17) zur Abfuhr der flüssigen Bestandteile und/oder zwischen der Vorrichtung und der Brennkraftmaschine (1) eine zweite Leitung (18) zur Abfuhr der gasförmigen Bestandteile direkt zur Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Batterie (6) zum Starten des Brennstoffzellensystems (4) und/oder der Spaltanlage (10) vorgesehen ist.
8. Verfahren zum Betreiben eines mittels einer Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeuges, welches zur Erzeugung von elektrischer Energie zum Betreiben von elektrischen Verbrauchern anstelle einer Lichtmaschine ein Brennstoffzellensystem aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) zumindest während des Betriebs der Brennkraftmaschine (1) betrieben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistung der Brennstoffzelle (4) in Abhängigkeit vom benötigten Strom eingestellt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) bei Bedarf auch bei Stillstand der Brennkraftmaschine (1) betrieben wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) bei stillstehender Brennkraftmaschine (1) nur solange betrieben wird, bis der  $H_2$ -Zwischen-Speicher (13) einen vorgegebenen Mindest-Füllstand erreicht.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) bei stillstehender Brennkraftmaschine (1) nur solange betrieben wird, bis der Zwischenspeicher (20) voll ist.
13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) bei stillstehender Brennkraftmaschine (1) nur solange betrieben wird, bis die Zündfähigkeit des Kraftstoffes im Kraftstofftank (2) einen vorgegebenen Wert unterschreitet.
14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) bei stillstehender Brennkraftmaschine (1) nur solange betrieben wird, bis der Füllstand im Kraftstofftank (2) einen vorgegebenen Wert unterschreitet.
15. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fahrzeugstart die Brennstoffzelle (4) zuerst mit Wasserstoff aus dem Zwischenspeicher (13) versorgt wird und daß die Spaltanlage (10) erst nach einer vorgegebenen Betriebszeit der Brennstoffzelle (4) gestartet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fahrzeugstart die Spaltanlage (10) zuerst von der Batterie (6) und erst nach einer vorgegebenen Zeitdauer von der Brennstoffzelle (4) mit elektrischer Energie versorgt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



**DE 195 23 109**

**Power supply system for a vehicle with an internal combustion engine**

The system contains e.g. a H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> fuel cell system (4) such as PEM-cell with a proton-conducting membrane, for generating electrical power for operating electrical loads (5) instead of a conventional generator, but other types of fuel-cell could be used instead. It contains a device (10,11) for separating hydrogen from the fuel used to operate the internal combustion engine, a pipe line (12) for delivering the hydrogen to the fuel cell system and a disposal line (15) for delivering the residual fuel constituents to the engine (1) and/or to a fuel tank (2). The hydrogen separating system consists of a splitting system (10) and a hydrogen separation system (11). In the splitting system the fuel is split into hydrogen and a residual gas. In the hydrogen separating system the hydrogen is separated from the remaining fuel components.